



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS**

**CURSO DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO**

**MARCELO CAMPOS CANDEIRA**

**AUTOMAÇÃO PARA CAIXA DE CORREIO RESIDENCIAL UTILIZANDO SMS**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. M.C. Maria Marony Sousa Farias**

**BRASÍLIA**

**JUNHO DE 2013**

**MARCELO CAMPOS CANDEIRA**

**AUTOMAÇÃO PARA CAIXA DE CORREIO RESIDENCIAL UTILIZANDO SMS**

Trabalho apresentado ao UniCEUB – Centro  
Universitário de Brasília como pré-requisito  
para obtenção de Certificação de Conclusão do  
Curso de Engenharia de Computação.  
Orientadora: Prof<sup>a</sup>. M.C. Maria Marony Sousa  
Farias.

**BRASÍLIA**

**JUNHO DE 2013**

**MARCELO CAMPOS CANDEIRA**

**AUTOMAÇÃO PARA CAIXA DE CORREIO RESIDENCIAL UTILIZANDO SMS**

Trabalho apresentado ao UniCEUB – Centro  
Universitário de Brasília como pré-requisito  
para obtenção de Certificação de Conclusão do  
Curso de Engenharia de Computação.  
Orientadora: Profª. M.C. Maria Marony Sousa  
Farias.

**Este Trabalho foi julgado adequado para a obtenção do Título de Engenheiro  
de Computação, e aprovado em sua forma final pela Faculdade de Tecnologia  
e Ciências Sociais Aplicadas - FATECS.**

---

**Prof. Abiezer Amarília Fernandes**  
**Coordenador do Curso**

**Banca Examinadora:**

---

**Profª. Maria Marony Sousa Farias, Mestre em  
Engenharia Elétrica – UFPB – PB.**  
**Orientadora**

---

**Prof. Luciano Henrique Duque, Mestre.**  
**UniCEUB**

---

**Prof. Miguel Archanjo B. G. T. Junior, Doutor.**  
**UniCEUB**

---

**Prof. Júlio César Sebastiani Kunzler, Mestre.**  
**UniCEUB**

## DEDICATÓRIA

*Dedico a todos que de certa maneira  
me ajudaram a concluir mais esta etapa da  
minha vida.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, primeiramente, por iluminar meu caminho.

À minha mãe Marilene Campos, pelo incentivo ao longo desta etapa, sem ela essa conquista não seria possível.

À minha irmã Michele, pela grande ajuda e apoio no desenvolvimento deste trabalho.

A todos os amigos e professores da Engenharia de Computação.

Ao amigo Leonardo Fernandes pela força e incentivo.

E a todos que se mostraram empolgados para a realização do projeto.

*“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.”*

***Albert Einstein***

## RESUMO

Neste trabalho é apresentado um sistema para automação de uma caixa de correio residencial utilizando mensagens SMS. O trabalho consiste no envio de uma mensagem SMS assim que uma correspondência é inserida na caixa de correio residencial informando ao(s) usuário(s), previamente cadastrado(s), que há uma nova correspondência. O sistema envia a próxima mensagem SMS somente quando houver a abertura da caixa de correio residencial. Quando a caixa de correio residencial for fechada, o sistema retoma o ciclo. O sistema é composto pelo microcontrolador Arduino Uno, o *Shield* SIM900 GSM/GPRS, um sensor infravermelho e um sensor de presença. O microcontrolador Arduino Uno comunica-se com o *Shield* SIM900 GSM/GPRS através de comandos AT utilizando-se da linguagem C assim que o sensor infravermelho for acionado pela inserção da correspondência. Em seguida, espera pela resposta do sensor de presença detectar movimento que informa se a caixa de correio residencial foi aberta.

**Palavras-chave:** Automação Residencial, Arduino UNO, *Shield* SIM900 GSM/GPRS, Sensor de presença, Sensor infravermelho, Mensagens SMS.

## ABSTRACT

In this work an automation system is presented for a residential mailbox using SMS messages. The project consists in sending a SMS message once a correspondence is inserted in the residential mailbox, informing the user(s) previously registered that there is a new post. The system only triggers a new SMS when there is the opening of the residential mailbox. When the residential mailbox is closed, the system resumes the cycle. The project consists of the microcontroller Arduino Uno, the Shield SIM900 GSM / GPRS, a presence sensor and an infrared sensor. The Arduino Uno microcontroller communicates with the Shield SIM900 GSM/GPRS via AT commands using the C language once the infrared sensor is triggered by the insertion of the mail. Then it waits for the answer from the presence sensor when it detects motion, which tells if the residential mailbox was opened.

**Keywords:** Home Automation, Arduino UNO, Shield SIM900 GSM/GPRS, Presence Sensor, Infrared Sensor, SMS Messages.



## SUMÁRIO

DEDICATÓRIA .....	IV
AGRADECIMENTOS.....	V
RESUMO .....	VII
ABSTRACT .....	VIII
SUMÁRIO.....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	XII
LISTA DE TABELAS.....	XIV
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	XV
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....	16
1.1    Introdução ao Tema Proposto.....	16
1.2    Objetivos do Trabalho.....	17
1.3    Justificativa e Importância do Trabalho .....	17
1.4    Metodologia .....	18
1.5    Escopo do Trabalho.....	18
1.6    Estrutura da Monografia.....	18
CAPÍTULO 2 – APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA .....	20
2.1    Aplicação da Domótica (Automação Residencial).....	20
2.2    Vantagens de uma Instalação Domótica .....	21
2.3    Automação Residencial um Mercado em Expansão .....	21

2.4	Automação Residencial Utilizando Arduino .....	23
-----	--	----

## **CAPÍTULO 3 – REFERENCIAL TEÓRICO ..... 24**

3.1	Sensores .....	24
3.1.1	Sensor Infravermelho (IR) .....	24
3.1.1.1	Detecção por Interrupção de Feixe.....	25
3.1.1.2	Detecção por Reflexão .....	25
3.1.2	Sensor de Presença (PIR) .....	26
3.2	Microcontroladores .....	27
3.2.1	Microcontrolador ATMEGA328P-PU .....	28
3.2.2	Arduino UNO.....	30
3.3	Shields .....	32
3.3.1	Shield IComSat SIM900 GSM/GPRS v1.1 .....	33
3.4	Comandos AT .....	34
3.5	Redes GSM/GPRS.....	36
3.5.1	SIM Card .....	37
3.5.2	Mensagem SMS .....	37
3.6	Linguagem de Programação C .....	38

## **CAPÍTULO 4 – MODELO PROPOSTO ..... 39**

4.1	Apresentação do Modelo Proposto.....	39
4.2	Descrição das Etapas do Modelo.....	40
4.2.1	Teste do Sensor de Presença .....	40
4.2.2	Teste do Sensor Infravermelho.....	42
4.2.3	Teste do Shield SIM900 GSM/GPRS.....	43
4.3	Descrição da Implementação .....	44
4.4	Programação do Sistema .....	46
4.5	Considerações.....	48

## **CAPÍTULO 5 – APLICAÇÃO PRÁTICA ..... 50**

5.1	Apresentação da Área de Aplicação do Modelo .....	50
5.2	Descrição da Aplicação do Modelo.....	50
5.3	Resultados da Aplicação do Modelo .....	55
5.4	Custos do Modelo Proposto .....	56
5.5	Avaliação Global do Modelo .....	57
<b>CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>		<b>58</b>
6.1	Conclusões .....	58
6.2	Propostas para Trabalhos Futuros.....	59
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>60</b>
<b>APÊNDICE A – CÓDIGO FONTE DO PROJETO .....</b>		<b>63</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>70</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Ciclo do projeto .....	17
Figura 2.1 – Esquema de automação residencial.....	20
Figura 3.1 – Sensor infravermelho .....	24
Figura 3.2 – Detecção por interrupção de feixe.....	25
Figura 3.3 – Detecção por reflexão.....	26
Figura 3.4 – Sensor de presença.....	26
Figura 3.5 – Esquema de um microcontrolador.....	28
Figura 3.6 – Microcontrolador ATMEGA328P-PU .....	29
Figura 3.7 – Diagrama de pinagem ATMEGA328P-PU.....	29
Figura 3.8 – Arduino UNO R2 .....	31
Figura 3.9 – Componentes do Arduino UNO R2.....	32
Figura 3.10 – <i>Shield</i> IComSat SIM900 GSM/GPRS v1.1 .....	33
Figura 3.11 – Soquete para SIM Card .....	34
Figura 3.12 – SIM Card .....	37
Figura 4.1 – Protótipo da caixa de correio residencial .....	39
Figura 4.2 – Etapas do projeto .....	40
Figura 4.3 – Integração do sensor de presença com o Arduino UNO .....	41
Figura 4.4 – Detecção do sensor PIR.....	41
Figura 4.5 – Integração do sensor infravermelho com o Arduino UNO.....	42
Figura 4.6 – Detecção do sensor IR.....	42
Figura 4.7 – Integração do Arduino UNO com o <i>Shield</i> SIM900 SM/GPRS .....	43
Figura 4.8 – Teste de envio da mensagem SMS.....	44
Figura 4.9 – Recebimento da mensagem SMS de teste .....	44
Figura 4.10 – Dispositivos acoplados na caixa de correio .....	46
Figura 4.11 – Biblioteca GSM .....	46
Figura 4.12 – Linha do código para o cadastro do(s) celular(es) .....	47
Figura 4.13 – Botão Upload.....	48
Figura 5.1 – Mensagem da serial ao conectar com a rede GSM.....	50
Figura 5.2 – LED verde aceso .....	51
Figura 5.3 – Correspondência inserida na caixa de correio automatizada .....	51
Figura 5.4 – Mensagem SMS recebida informando nova(s) correspondência(s) .....	52
Figura 5.5 – Mensagem da serial ao inserir a correspondência .....	52
Figura 5.6 – LED azul aceso .....	53
Figura 5.7 – Abertura da caixa de correio residencial automatizada .....	53
Figura 5.8 – Mensagem SMS recebida informando a abertura da caixa de correio .....	54

Figura 5.9 – Mensagem da serial ao abrir a caixa de correio automatizada.....	54
Figura 5.10 – LED vermelho aceso.....	55
Figura 5.11 – Fluxograma do projeto .....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução da adoção de algumas tecnologias na domótica .....	22
Tabela 2 – Comandos AT padrão GSM07.05 .....	35
Tabela 3 – Finalidade dos LEDs do projeto .....	45
Tabela 4 – Custos do projeto.....	57

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b><math>\Omega</math></b>	Ohms
<b>A</b>	Ampère
<b>A/D</b>	Analógico / Digital
<b>ASCII</b>	American Standard Code for Information Interchange
<b>AT</b>	Hayes AT Commands
<b>Aureside</b>	Associação Brasileira de Automação Residencial
<b>BCPL</b>	Basic Combined Programming Language
<b>CI</b>	Circuito Integrado
<b>cm</b>	Centímetro
<b>GND</b>	Ground
<b>GPRS</b>	General Packet Radio Service
<b>GSM</b>	Global System for Mobile Communications
<b>ICCID</b>	Integrated Circuit Card Identifier
<b>ICSP</b>	In-Circuit Serial Programming
<b>IDE</b>	Integrated Development Enviroment
<b>IMSI</b>	International Mobile Subscriber Identity
<b>IR</b>	Infrared
<b>LED</b>	Light Emitting Diode
<b>mA</b>	Miliampère
<b>MMS</b>	Multimedia Message Service
<b>ms</b>	Milissegundos
<b>PIR</b>	Passive Infrared
<b>PWM</b>	Pulse-Width Modulation
<b>RX</b>	Receptor
<b>SIM</b>	Subscriber Identification Module
<b>SMS</b>	Short Message Service
<b>TX</b>	Transmissor
<b>USB</b>	Universal Serial Bus
<b>V</b>	Volts

## **CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO**

### **1.1 Introdução ao Tema Proposto**

A automação residencial pode proporcionar aos seus utilizadores o conforto antes não imaginado pelo fato de ser facilmente adaptado a qualquer utilidade doméstica, sendo desse modo, uma tecnologia expansível e flexível na qual o próprio habitante designa como será beneficiado com essa automação. (Romano, 2012)

As pessoas procuram, hoje em dia, por formas de não apenas se sentirem seguras com a automação residencial, mas de poderem aperfeiçoar suas tarefas, de modo a demandar menos tempo e proporcionar uma sensação maior de conforto e bem-estar (Romano, 2012).

Este projeto consiste na automação de uma caixa de correio residencial utilizando mensagens SMS mostrando que é possível tornar ainda mais fácil a coleta de correspondências graças ao avanço tecnológico.

A proposta é apresentar um protótipo automatizado de uma caixa de correio conforme mostrado na figura 1.1, que ao ser inserida uma correspondência na caixa de correio, o(s) usuário(s) receba(m) uma mensagem SMS informando sobre nova(s) correspondência(s). É importante ressaltar que a primeira correspondência já será suficiente para que o sistema alerte o(s) usuário(s). O sistema somente envia outra mensagem SMS quando houver a abertura da caixa de correio. Tão logo a caixa de correio for fechada o sistema retoma o ciclo.



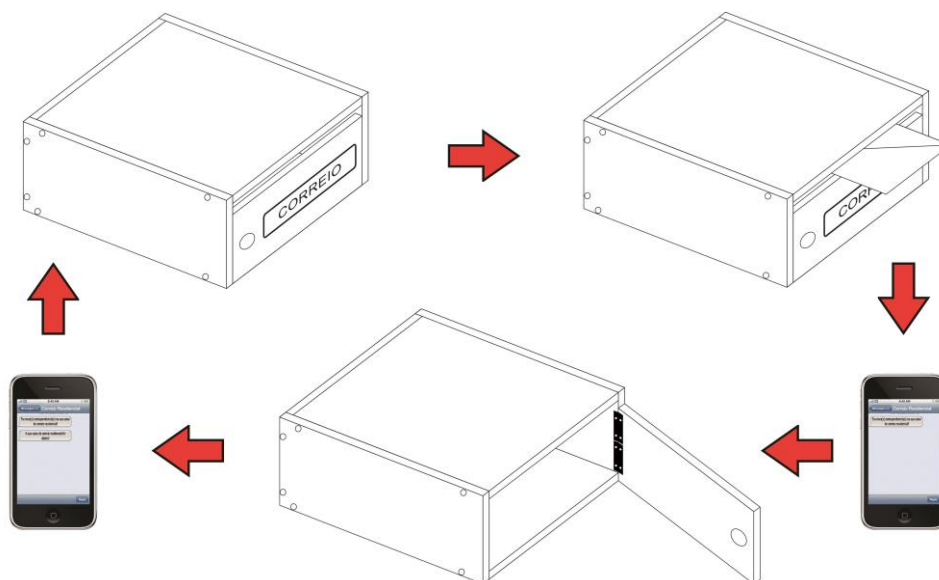


Figura 1.1 – Ciclo do projeto

Fonte: Autor

## 1.2 Objetivos do Trabalho

O objetivo geral deste projeto é elaborar um sistema para automação de uma caixa de correio residencial.

O objetivo específico do projeto é apresentar um protótipo de uma caixa de correio residencial com um sistema desenvolvido em linguagem C utilizando o microcontrolador Arduino UNO acoplado com o *Shield* SIM900 GSM/GPRS que envia as mensagens SMS para o(s) celular(es), primeiro; quando houver o acionamento do sensor infravermelho indicando a inserção de uma correspondência, e segundo; quando o sensor de presença for acionado indicando a abertura da caixa de correio residencial.

## 1.3 Justificativa e Importância do Trabalho

A coleta de correspondências pode ser vista como um processo rotineiro para a maioria das pessoas, mas nem sempre tão satisfatória quando o tempo geralmente é gasto para apenas abrir e fechar a caixa de correio residencial sem nenhuma coleta de correspondência.

A automação para a caixa de correio residencial transforma a tarefa de coleta de correspondência em um processo eficiente, com maior praticidade e sem perda de tempo.

Outra vertente para a realização desse projeto, é o fato de que pessoas deixam de pagar contas porque simplesmente esquecem de abrir suas caixas de correio. A automação visa justamente um alerta para a coleta logo que uma correspondência for inserida na caixa de correio residencial.

## **1.4 Metodologia**

Para o desenvolvimento do sistema de automação para caixa de correio residencial foram realizados testes de todos os componentes do sistema e pesquisas bibliográficas em livros, artigos, periódicos e sites conceituados da internet.

## **1.5 Escopo do Trabalho**

Este projeto abrange o uso do *hardware* Arduino UNO que contém o microcontrolador ATMEGA328P-PU e faz comunicação com o *Shield* SIM900 GSM/GPRS que utiliza uma rede de telefonia celular para envio das mensagens SMS. O acionamento do sistema será feito por um sensor de infravermelho (IR) e por um sensor de presença (PIR) indicando a inserção de correspondência(s) e abertura da caixa de correio, respectivamente.

A linguagem abordada no projeto é a linguagem de programação C sendo utilizado o *Sketch* do Arduino para a realização do cadastramento do(s) celular(es) do(s) usuário(s). O projeto utiliza a rede elétrica convencional.

O projeto não avalia o comportamento do sistema em casos como de vandalismo ou da abertura que não seja pela porta da caixa de correio.

## **1.6 Estrutura da Monografia**

Esta monografia está dividida em seis capítulos que irão abordar sobre a automação de uma caixa de correio residencial.

O capítulo 1 encontra-se a Introdução, que trata da contextualização do problema, objetivos, justificativa e importância do trabalho, escopo e estrutura da monografia.

O capítulo 2 apresenta a descrição sobre as questões motivacionais do trabalho, a aplicação e vantagens da domótica, a expansão do mercado da automação residencial e a utilização do *hardware* Arduino na automação residencial.

O capítulo 3 fornece os conceitos teóricos dos dispositivos e tecnologias que foram necessários para a elaboração do projeto. São abordados nesse capítulo os sensores infravermelho e de presença, o microcontrolador ATMEGA328P-PU, o Arduino UNO, o *Shield* SIM900 GSM/GPRS v1.1 da IComSat, os comandos AT, as redes GSM/GPRS, o *SIM Card*, as mensagens SMS e a linguagem de programação C.

O capítulo 4 apresenta o modelo proposto para automação da caixa de correio residencial, a descrição das etapas do projeto que inclui os testes dos sensores IR, PIR e do *Shield* SIM900 GSM/GPRS, a integração dos dispositivos, a programação do sistema e algumas considerações relevantes do projeto.

O capítulo 5 encontra-se toda a aplicação prática do trabalho, a área de aplicação do modelo proposto, a descrição detalhada da aplicação, os resultados obtidos, os custos gerados para a automação da caixa de correio residencial e uma avaliação global do projeto.

O capítulo 6 trata das conclusões do trabalho desenvolvido avaliando os objetivos atingidos e apresenta propostas futuras para a melhoria da automação de uma caixa de correio residencial.



A domótica tem uma abrangência, do ponto de vista técnico, tão vasto, que não existe um domínio técnico específico para os dispositivos domóticos. Pode englobar áreas como a engenharia mecânica, eletrotécnica, civil, informática ou mesmo do ambiente, como também a arquitetura. (Pereira; Bento; Ferreira, 2011)

## **2.2 Vantagens de uma Instalação Domótica**

Com o uso da domótica pode-se citar algumas vantagens consideráveis que as instalações do tipo tradicional seriam limitadas ou inexistentes: (PRUDENTE, 2011)

- **Maior conforto:** Por meio da domótica, é possível deixar o habitar cotidiano mais acolhedor e agradável, permitindo gerir e controlar parâmetros que incidam sensivelmente sobre a boa qualidade de vida. (PRUDENTE, 2011)
- **Maior versatilidade:** A instalação domótica permite grande versatilidade. É possível variar a configuração da instalação e as funções de seus componentes com o uso de softwares dedicados. (PRUDENTE, 2011)
- **Maior segurança:** Graças à domótica, é possível aumentar o nível de segurança em uma habitação, seja no que diz respeito à segurança das pessoas, seja contra eventos perigosos. (PRUDENTE, 2011)
- **Maior economia na gestão da instalação:** De fato, é possível o controle total da energia presente em uma habitação de várias formas (iluminação, aquecimento, condicionamento de ar, etc.) permitindo uma economia notável no custo da energia elétrica na gestão da instalação. (PRUDENTE, 2011)

## **2.3 Automação Residencial um Mercado em Expansão**

Conforme (Muratori; Dal Bó, 2011) com o advento dos computadores pessoais e da internet, a explosão da telefonia móvel e outras tecnologias que ingressaram no mundo pessoal dos consumidores, a aceitação das tecnologias residenciais passou a ter um forte apelo. Nas economias mais desenvolvidas, o cenário para as chamadas “casas inteligentes” tem evoluído de maneira muito positiva nos

últimos anos. Soma-se a isso a oferta abundante e barata de serviços de comunicação, como acesso em banda larga, diversas modalidades de conteúdo digital, *downloads* de músicas e filmes, etc

Na tabela 1 é mostrada a evolução na adoção de algumas das tecnologias mais consolidadas para casas inteligentes nos EUA (em porcentagem nos imóveis residenciais novos): (Muratori; Dal Bó, 2011)

**Tabela 1 – Evolução da adoção de algumas tecnologias na domótica**

<b>Tecnologia</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2015 (Previsão)</b>
Cabeamento Estruturado	42%	61%	49%	53%	80%
Monitoramento de Segurança	18%	28%	29%	32%	81%
Multiroom Audio	9%	12%	15%	16%	86%
Home Theater	9%	8%	11%	12%	86%
Controle de Iluminação	1%	2%	6%	8%	75%
Automação Integrada	0%	2%	6%	6%	70%
Gerenciamento de Energia	1%	5%	11%	11%	62%

**Fonte – NAHB Research Centre, CEA**

O mercado de automação residencial no Brasil, aos poucos, está adquirindo características muito próximas aos de mercados mais evoluídos (Muratori; Dal Bó, 2011). A indústria da construção civil está iniciando um processo de adequação de seus projetos residenciais objetivando implantar uma infraestrutura e uma cultura para automação residencial. (Godoi, 2009)

## 2.4 Automação Residencial Utilizando Arduino

A automação residencial não tem uma data de surgimento pré-definida mas, foi a partir da década de 80 que os primeiros edifícios com automação residencial começaram a ser projetados onde pretendiam controlar a iluminação, a climatização, a segurança e a interligação entre os 3 elementos. Nos dias atuais, a automação residencial encontra-se em plena evolução tecnológica, com soluções modernas e futuristas para qualquer tipo de imóvel e classe social. (SILVA; CARVALHO, 2012)

Segundo estimativa da Aureside (Associação Brasileira de Automação Residencial), os preços desses recursos caíram pela metade nos últimos quatro anos. “A automação custava cerca de 5% do valor do imóvel. Agora representa 3%.” Afirma o engenheiro José Roberto Muratori, fundador da Aureside. (LEAL, 2011)

Por ser uma plataforma de computação em código aberto baseado em uma simples placa o Arduino torna-se um dos elementos eficaz na automação residencial. Devido ao baixo custo do *hardware* Arduino algumas tarefas e rotinas podem facilmente serem automatizadas vasto à grande variedade que este microcontrolador proporciona juntamente com outros dispositivos, como os *Shields*, e com algumas linhas de códigos de programação.

## CAPÍTULO 3 – REFERENCIAL TEÓRICO

### 3.1 Sensores

Um sensor é definido como um dispositivo que recebe e responde a um estímulo ou um sinal. Tem como propriedade a conversão de grandezas físicas em grandezas elétricas. Existem diversos tipos de sensores, tais como sensores de iluminação, velocidade, proximidade, térmicos, presença, carga, etc. Para o desenvolvimento desse projeto foram utilizados os tipos de sensores infravermelho e de presença.

#### 3.1.1 Sensor Infravermelho (IR)

Os sensores infravermelhos são utilizados para diversas aplicações eletrônicas. Pode-se citar os leitores de códigos de barras, detectores de objetos ou alarmes de passagem, *encoders*, chaves ópticas, entre outros. Existem diversas tecnologias para a fabricação dos sensores que também levam a comportamentos diferentes em relação à radiação detectada (Braga, 2013). O sensor infravermelho utilizado no projeto é ilustrado na figura 3.1. O tempo de resposta desse sensor infravermelho varia de 10 a 38 ms.



Figura 3.1 – Sensor infravermelho

Fonte: Autor

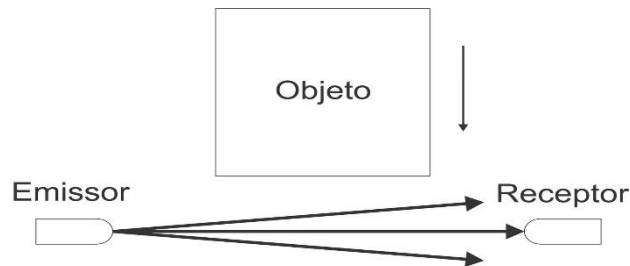
Um sensor infravermelho possui um baixo custo, sendo composto por um conjunto de emissor e receptor. O emissor é responsável pelo envio de sinais infravermelhos, e o receptor detecta estes sinais. Existem dois tipos de detecção de sinal;



detecção por interrupção de feixe e detecção por reflexão. Para o projeto a correspondência é inserida na caixa de correio residencial e o sensor é acionado através da detecção por reflexão.

#### 3.1.1.1 Detecção por Interrupção de Feixe

Neste tipo de aplicação, o emissor e receptor são instalados alinhadamente um ao outro. Para este caso, o receptor fica constantemente recebendo o feixe de infravermelho. Um exemplo de detecção por interrupção de feixe é mostrado na figura 3.2.

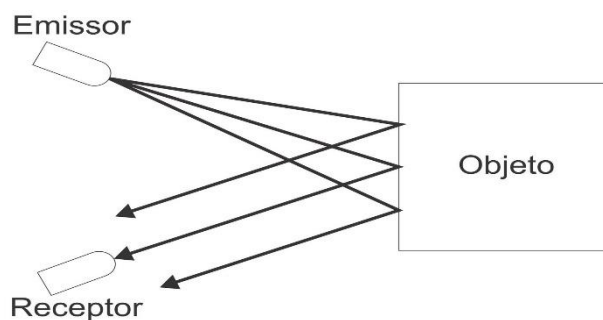


**Figura 3.2 – Detecção por interrupção de feixe**

**Fonte: (ELETRICAMENTE FALANDO, 2013)**

#### 3.1.1.2 Detecção por Reflexão

Neste tipo de aplicação, um feixe é projetado por um LED emissor de luz infravermelha que, ao ser refletido por algum obstáculo, é detectado por um foto-transistor. Quanto mais próximo o obstáculo estiver do conjunto emissor-receptor, maior será a intensidade do sinal recebido. A figura 3.3 ilustra um exemplo de detecção por reflexão.



**Figura 3.3 – Detecção por reflexão**

**Fonte: (ELETRICAMENTE FALANDO, 2013)**

### 3.1.2 Sensor de Presença (PIR)

Os sensores infravermelhos passivos são importantes elementos na detecção de movimentos mas, não são considerados sensores de movimento e sim sensores de variação de temperatura. Isso porque somente captam variações de irradiação de luz infravermelha (variações de temperatura). Esses sensores são desenvolvidos para captarem a temperatura do corpo humano. No sistema verifica-se que esse sensor é acionado somente quando a caixa de correio residencial é aberta, detectando a variação de temperatura da pessoa que faz a coleta da(s) correspondência(s), e não quando uma correspondência for inserida, não acionando portanto o sensor, que é ilustrado na figura 3.4.



**Figura 3.4 – Sensor de presença**

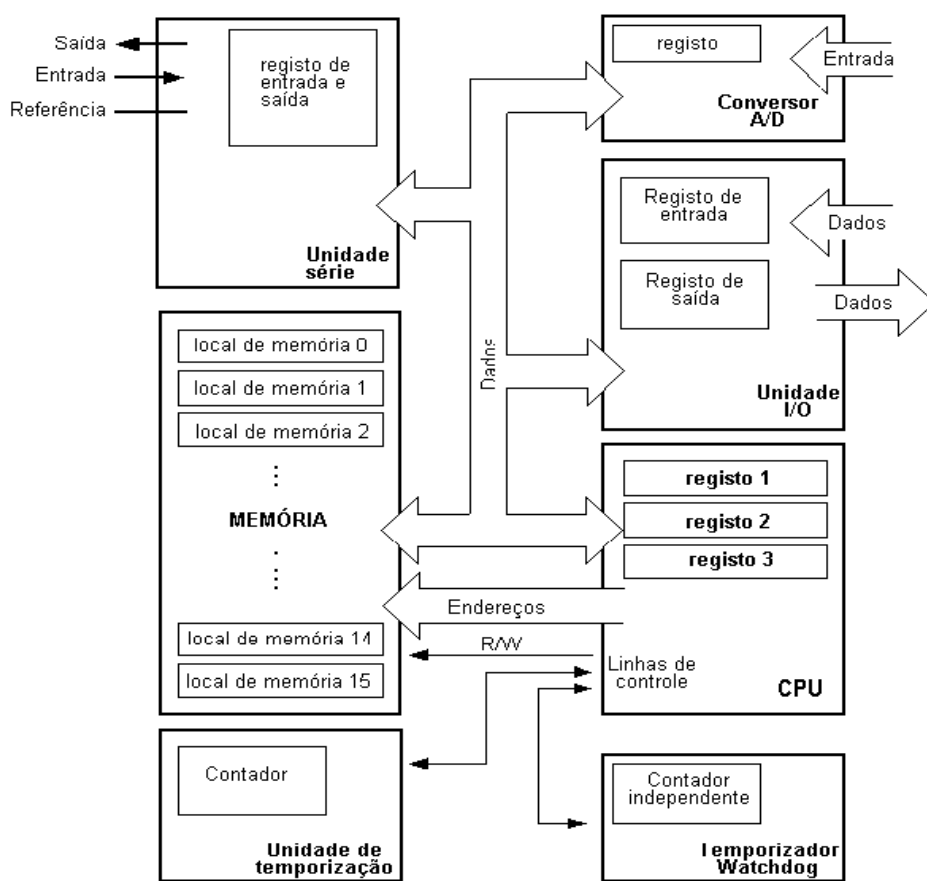
**Fonte: Autor**

Esse sensor de presença utilizado para detectar a abertura da caixa de correio residencial possui duas regulagens que são: a distância de detecção de movimento (até 7 metros) e o tempo de atraso (de 5 segundos a pouco mais que 3

minutos). Para o projeto, a distância foi regulada para abranger a geometria da caixa de correio e o tempo foi ajustado para cerca de 30 segundos, que é um tempo considerado suficiente para a coleta de correspondência após a abertura da caixa de correio. Caso a caixa de correio não seja fechada durante esse tempo decorrido, o sensor pode ser acionado e uma nova mensagem SMS de alerta de abertura da caixa de correio é enviado ao(s) usuário(s) cadastrado(s). A distância de detecção e o tempo de atraso podem ser facilmente ajustados através dos reguladores contidos no sensor.

### **3.2 Microcontroladores**

Um microcontrolador é um semicondutor em forma de CI (circuito integrado) contendo um processador, memória volátil e não-volátil e periféricos de entrada e saída (GIMENEZ, 2005). É um microprocessador que pode ser programado para funções específicas, como automação residencial, sendo limitado em termos de quantidade de memória de dados e possuem um custo relativamente baixo (Limaverde et al., 2010). A figura 3.5 representa a parte principal de um microcontrolador.

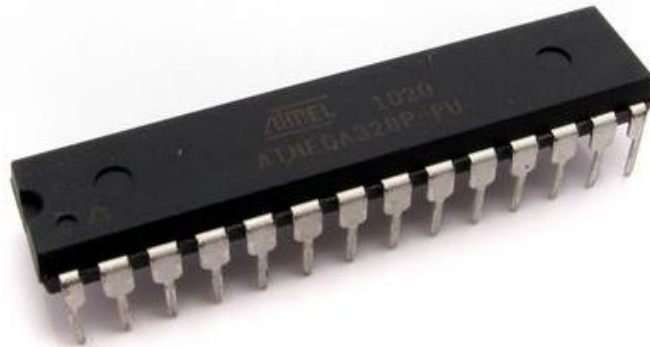


**Figura 3.5 – Esquema de um microcontrolador**

**Fonte: (ENG MECATONICO, 2013)**

### 3.2.1 Microcontrolador ATMEGA328P-PU

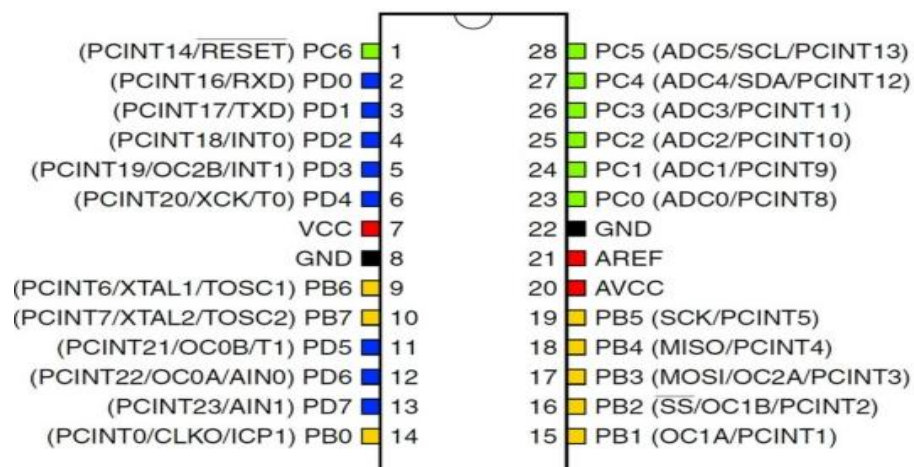
O ATMEGA328P-PU é um microcontrolador de alta performance e baixa potência, fabricado pela *Atmel*, possuindo uma arquitetura de 8 bits e sendo desenvolvido para otimizar o consumo de energia em função da velocidade de processamento. A figura 3.6 ilustra o microcontrolador ATMEGA328P-PU.



**Figura 3.6 – Microcontrolador ATMEGA328P-PU**

**Fonte: (THAIEASYELEC, 2013)**

O ATMEGA328P-PU possui em sua estrutura 28 pinos como mostrado na figura 3.7, cada pino contém uma função específica.



**Figura 3.7 – Diagrama de pinagem ATMEGA328P-PU**

**Fonte: (AUTOMÓVEIS ELÉTRICOS, 2013)**

- Pino 1 – Reset;
- Pino 2 – Pino digital 0 (RX);
- Pino 3 – Pino digital 1 (TX);
- Pino 4 – Pino digital 2;
- Pino 5 – Pino digital 3 (PWM);
- Pino 6 – Pino digital 4;
- Pino 7 – VCC;
- Pino 8 – GND;
- Pino 9 – Cristal;
- Pino 10 – Cristal;

- Pino 11 – Pino digital 5 (PWM);
- Pino 12 – Pino digital 6 (PWM);
- Pino 13 – Pino digital 7;
- Pino 14 – Pino digital 8;
- Pino 15 – Pino digital 9 (PWM);
- Pino 16 – Pino digital 10 (PWM);
- Pino 17 – Pino digital 11 (PWM);
- Pino 18 – Pino digital 12;
- Pino 19 – Pino digital 13;
- Pino 20 – VCC;
- Pino 21 – Referência Analógica
- Pino 22 – GND
- Pino 23 – Entrada analógica 0;
- Pino 24 – Entrada analógica 1;
- Pino 25 – Entrada analógica 2;
- Pino 26 – Entrada analógica 3;
- Pino 27 – Entrada analógica 4;
- Pino 28 – Entrada analógica 5.

Para o desenvolvimento do projeto o microcontrolador ATMEGA328P-PU veio embutido na plataforma Arduino UNO.

### 3.2.2 Arduino UNO

Bastante disseminado no mundo acadêmico devido ao seu baixo custo e grande variedade de implementações em projetos eletrônicos o Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica baseada no conceito de *hardware* e *software* livres, sendo aplicados em projetos de automação e podendo ser modificados por qualquer pessoa para atender suas necessidades.

O Arduino foi desenvolvido em Ivrea, na Itália, no ano de 2005 com intuito acadêmico, sua finalidade é facilitar a prototipagem, implementação e emulação de controles de sistemas interativos a nível doméstico, comercial ou móvel.

A versão 'UNO', que do italiano significa 'um', diferencia-se das versões anteriores por usar o microprocessador ATMEGA8U2 que, além de ser mais barato, permite que o chip USB tenha seu *firmware* atualizado possibilitando uma série de novas possibilidades para o Arduino. A figura 3.8 ilustra o Arduino UNO R2.



Figura 3.8 – Arduino UNO R2

Fonte: (CIRCUIT AT HOME, 2013)

O Arduino trabalha com uma IDE própria para a sua programação. Esta IDE é um *software* livre, de fonte aberta, o que significa que os códigos, esquemas e projetos podem ser utilizados por qualquer pessoa. Os códigos são baseados na linguagem de programação C e a IDE os compila e faz o *upload* para que o Arduino interprete os comandos. As linhas de códigos da IDE do Arduino são conhecidas como *sketches*.

Para o projeto foi utilizado um computador para a comunicação, através da porta USB, com a IDE do Arduino para o cadastramento do(s) celular(es) do(s) usuário(s) na *sketch*, interface do Arduino.

A plataforma Arduino UNO é confeccionada com alguns componentes que são detalhados na figura 3.9 com suas respectivas características.

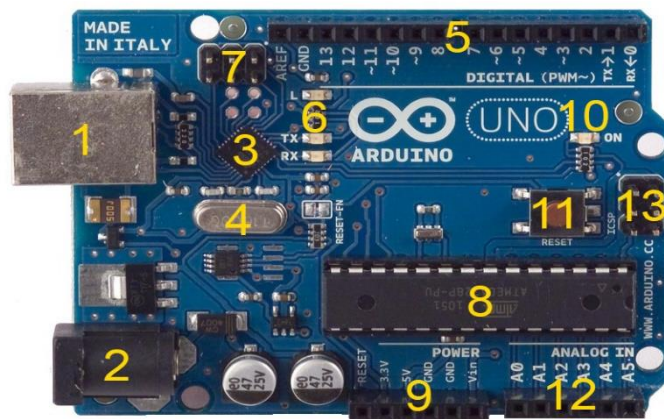


Figura 3.9 – Componentes do Arduino UNO R2

Fonte: (ARDUINO, 2013)

- 1 – Conexão USB;
- 2 – Conector de alimentação;
- 3 – Microprocessador ATMEGA8U2;
- 4 – Cristal, que oscila a 16MHz e é caracterizada pela estabilidade da frequência e pureza de fase;
- 5 – Pinos Digitais, onde os pinos 0 e 1 são os pinos de recepção e transmissão, respectivamente. Funcionam tanto como entrada quanto como saída de dados. As que possuem um “~” na frente, são saídas PWM;
- 6 – LEDs, onde o TX e RX são LEDs de transmissão e recepção, respectivamente. O LED L está ligado ao pino 13 do Arduino e serve para fazer pequenos testes;
- 7 – Conectores ICSP1, utilizados para atualização de *firmware*;
- 8 – Microcontrolador ATMEGA328P-PU;
- 9 – Pinos de energia;
- 10 – Led indicador que o Arduino está ligado;
- 11 – Botão de *Reset*;
- 12 – Pinos analógicos;
- 13 – Conectores ICSP, utilizados em uma programação de um circuito serial.

### 3.3 Shields

Os *Shields*, no contexto da prototipagem, são placas que podem ser acopladas no Arduino para executarem diversas funções distintas adicionando funcionalidades ao projeto. Apresentam um padrão de conexão mecânica e pinagem elétrica e podem ser desenvolvidos por diversos fabricantes que, em geral, disponibilizam uma biblioteca ou *driver* para facilitar o desenvolvimento do *software*.



Para a automação da caixa de correio residencial foi utilizado o *Shield* IComSat SIM900 GSM/GPRS v1.1 acoplado no Arduino UNO para envio das mensagens SMS assim que os sensores sejam acionados.

### 3.3.1 Shield IComSat SIM900 GSM/GPRS v1.1

O SIM900 GSM/GPRS é um *Shield* desenvolvido para a plataforma Arduino e fabricado pela IComSat. Suas funções são similares a de um celular, envia e recebe ligações e mensagens SMS. A comunicação desse Shield com o Arduino é feita através de comandos AT e opera nas faixas de frequência 850/900/1800/1900MHz, ou seja, *Quad-band*. A figura 3.10 ilustra o SIM900 GSM/GPRS v1.1.



**Figura 3.10 – Shield IComSat SIM900 GSM/GPRS v1.1**

**Fonte: (ARDUINO INFO, 2013)**

A vantagem de se utilizar o SIM900 GSM/GPRS no projeto foi a total compatibilidade com o Arduino UNO sem necessitar, portanto, o uso de um conversor de sinais ou um modem para envio das mensagens SMS. A parte posterior do SIM900 GSM/GPRS, conforme figura 3.11, fica localizado o soquete para inserção do SIM Card.



Figura 3.11 – Soquete para SIM Card

Fonte: (ARDUINO INFO, 2013)

### 3.4 Comandos AT

Os comandos AT (“AT” é uma abreviatura da palavra *Attention*), ou *Hayes AT Commands*, foram desenvolvidos em 1977 por Dennis Hayes e consistiam em um conjunto de instruções para comunicação com um modem. (Modesto; Sampaio, 2010)

A telefonia móvel, GSM, adotou esse padrão de comunicação permitindo assim que operações como envio de dados, voz, SMS e outros tipos fossem possíveis (Modesto; Sampaio, 2010). Os principais comandos que podem ser utilizados na programação e comunicação do *Shield SIM900 GSM/GPRS* nas operações com mensagens SMS, de acordo com o padrão GSM07.05 são listados na tabela 2.

**Tabela 2 – Comandos AT padrão GSM07.05**

<b>Comando</b>	<b>Descrição</b>
AT+CMGD	Deleta mensagem SMS
AT+CMGF	Seleciona formato de mensagem SMS
AT+CMGL	Lista mensagens SMS recebidas
AT+CMGR	Lê mensagem SMS
AT+CMGS	Envia mensagens SMS
AT+CMGW	Salva mensagem SMS para a memória
AT+CMSS	Envia mensagens SMS armazenada
AT+CNMI	Nova indicação de mensagem SMS
AT+CPMS	Armazena mensagens SMS preferidas
AT+CRES	Restaura configurações de SMS
AT+CSAS	Salva as configurações de SMS
AT+CSCA	Central de endereços de serviços SMS
AT+CSCB	Seleciona célula broadcast de mensagem SMS
AT+CSDH	Mostra os parâmetros do texto SMS
AT+CSMP	Configura os parâmetros do texto SMS
AT+CSMS	Seleciona o serviço de mensagem

Fonte – Manual de comandos AT SIM900 v1.05

### 3.5 Redes GSM/GPRS

O sistema GSM (*Global System for Mobile Communications* – Sistema Global para comunicações Móveis) é um sistema celular digital de segunda geração, concebido com o propósito de resolver os problemas de fragmentação dos primeiros sistemas celulares na Europa. O GSM é o primeiro sistema celular no mundo a especificar modulação digital e arquiteturas de serviços de nível de rede. Antes do GSM, os países da Europa utilizavam padrões diferentes dentro do continente e não era possível a um usuário utilizar um único terminal em toda a Europa. Em 1982, foi criado na Europa o grupo GSM (*Group Special Mobile* – Grupo Especial Móvel) para desenvolver um padrão digital europeu único. O sucesso do padrão GSM excedeu as expectativas e atualmente é o padrão mais popular para sistemas celulares e equipamentos de comunicação pessoal em todo o mundo. A introdução do GSM se deu inicialmente no mercado Europeu em 1991. (Braghetto et al., 2005)

Um dos principais benefícios da rede GSM provem da utilização do *SIM Card*, onde a informação fica contida no chip, podendo então o *SIM Card* ser removido e conectado em outro aparelho celular utilizando a rede normalmente ou ainda acessar uma outra rede GSM de outro país, por exemplo, sem ter de trocar o número de telefone, levando apenas o cartão. (Braghetto et al., 2005)

O GPRS (*General Packet Radio Service* - Serviço de Rádio Geral por Pacotes) é um serviço que permite que a informação em forma de dados seja emitida e recebida através de uma rede de telefonia móvel. O GSM e o GPRS compartilham uma única base dinâmica e flexível, com várias características semelhantes entre si, como bandas, frequências, estrutura de frames e técnicas de modulação. (Braghetto et al., 2005)

Quando a mensagem a ser enviada em uma rede GPRS for maior que o tamanho designado para a transferência, ela é dividida em diversos pacotes. Quando estes pacotes alcançam o destinatário, são remontados para dar forma à mensagem original. Todos os pacotes recebidos são armazenados em *buffers*. É o GPRS que permite a conexão da maior parte dos *smartphones* e celulares à internet. Atualmente, o GPRS é o padrão que oferece a maior cobertura móvel para aparelhos de mão com acesso à internet. (Braghetto et al., 2005)

### 3.5.1 SIM Card

O SIM Card (ou chip, como é popularmente conhecido) é um tipo de *smart card* (cartão inteligente), especialmente projetado para telecomunicações. O SIM (*Subscriber Identity Module* – Módulo de Identificação do Assinante) é um circuito integrado que atua como uma memória portátil e que geralmente é utilizado em celulares possuindo uma chave denominada IMSI (*International Mobile Subscriber Identity* – Identificação Internacional Móvel do Assinante), que é responsável pela identificação da linha do usuário.

O SIM consiste em um cartão de plástico e é visualmente identificado pelo número serial do chip que é único mundialmente, gravado no corte *plug-in*, denominado ICCID (*Integrated Circuit Card Identifier* – Identificador do Circuito Integrado do Cartão). A figura 3.12 ilustra um SIM Card.



**Figura 3.12 – SIM Card**

**Fonte: (GeekComputers, 2013)**

### 3.5.2 Mensagem SMS

O SMS (*Short Message Service* – Serviço de Mensagem Curta) surgiu na década de 80 e foi definido como um padrão GSM para troca de mensagens na telefonia móvel. Esse serviço permite aos usuários enviarem e receberem mensagens a partir de um aparelho de telefone celular. Cada mensagem pode ser de até 160 caracteres e ser enviada e recebida por usuários de diferentes redes de operadoras. Atualmente esse tipo de serviço tem significativa importância no mundo das telecomunicações devido ao baixo custo e interação com outros meios como a internet. As mensagens passam por uma central SMS da operadora, que é responsável pelo gerenciamento. (Metz; Griep; Astiazara, 2004)

No projeto, as mensagens SMS “Há nova(s) correspondência(s) na sua caixa de correio residencial!” e “A sua caixa de correio residencial foi aberta!” são enviadas pelo *Shield* IComSat SIM900 GSM/GPRS v1.1 através da comunicação com o Arduino UNO assim que os sensores forem acionados.

### 3.6 Linguagem de Programação C

A linguagem C foi criada inicialmente por Dennis M. Ritchie e Ken Thompson no laboratório Bell em 1972, baseada na linguagem B, de Thompson, evolução da antiga linguagem BCPL. (VICTORINE, 2006)

C é uma linguagem vitoriosa como ferramenta de programação de qualquer tipo de sistema (sistemas operacionais, planilhas eletrônicas, processadores de texto, gerenciadores de banco de dados, processadores gráficos, sistemas de transmissão de dados e telefonia, etc.). Tornou-se rapidamente uma das mais importantes e populares linguagens por ser portátil, flexível e pela padronização dos compiladores existentes. (VICTORINE, 2006)

Os programas em C tendem a ser bastantes compactos e de execução rápida e podem ser desenvolvidos em partes separadas e depois unidos num produto final, o que significa que bibliotecas de funções podem ser criadas e distribuídas para serem usadas sem que realmente se conheça o código fonte de cada uma delas. (VICTORINE, 2006)

Os programas para o Arduino são implementados tendo como referência a linguagem C/C++. Preservando sua sintaxe clássica na declaração de variáveis, nos operadores, nos ponteiros, nos vetores, nas estruturas e em muitas outras características da linguagem.

Dessa forma, foram definidos todos os conceitos e tecnologias que fazem parte do projeto. O capítulo 4 aborda o desenvolvimento do projeto para obtenção do produto final de estudo.

## CAPÍTULO 4 – MODELO PROPOSTO

### 4.1 Apresentação do Modelo Proposto

A proposta desse projeto é a elaboração de um protótipo de uma caixa de correio residencial, figura 4.1, que visa notificar o(s) usuário(s) de uma residência através de mensagem SMS quando uma nova correspondência for inserida na caixa de correio. O sistema também informa com mensagem SMS sobre a abertura da caixa de correio subentendendo-se assim que houve a coleta da(s) correspondência(s).



Figura 4.1 – Protótipo da caixa de correio residencial

Fonte: Autor

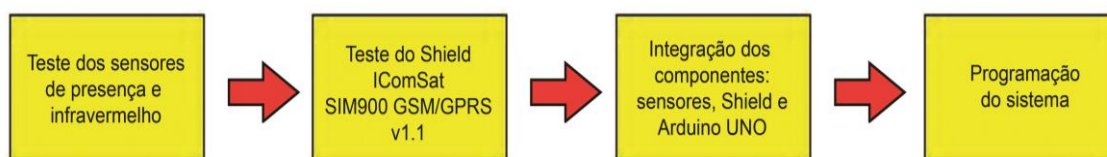
O sistema funciona a partir da detecção por reflexão do sensor infravermelho que faz o acionamento no pino analógico 0 do Arduino UNO. O Arduino por sua vez comunica-se através de comandos AT com o *Shield* SIM900 GSM/GPRS, que utiliza um *SIM Card*, e envia a mensagem SMS “Há nova(s) correspondência(s) na sua caixa de correio residencial!” para o(s) celular(es) cadastrado(s).

O cadastro do(s) celular(es) do(s) usuário(s) é(são) previamente feito(s) na *Sketch* do Arduino onde também é feita toda a programação dos componentes do sistema (encontrada no Apêndice A).

Uma vez enviada a mensagem SMS que indica nova(s) correspondência(s) o sistema espera pela detecção do sensor de presença que faz uma oscilação no pino

digital 7 do Arduino UNO e novamente comunica-se através de comandos AT com o *Shield* SIM900 GSM/GPRS e envia a mensagem SMS “A sua caixa de correio residencial foi aberta!” para o(s) celular(es) cadastrado(s).

O projeto consiste em quatro etapas, conforme ilustrado na figura 4.2, para o resultado final da automação da caixa de correio residencial. Com o auxílio da *proto-board* são feitas as ligações do sensor infravermelho, sensor de presença, Arduino e o *Shield* SIM900 GSM/GPRS.



**Figura 4.2 – Etapas do projeto**

Fonte: Autor

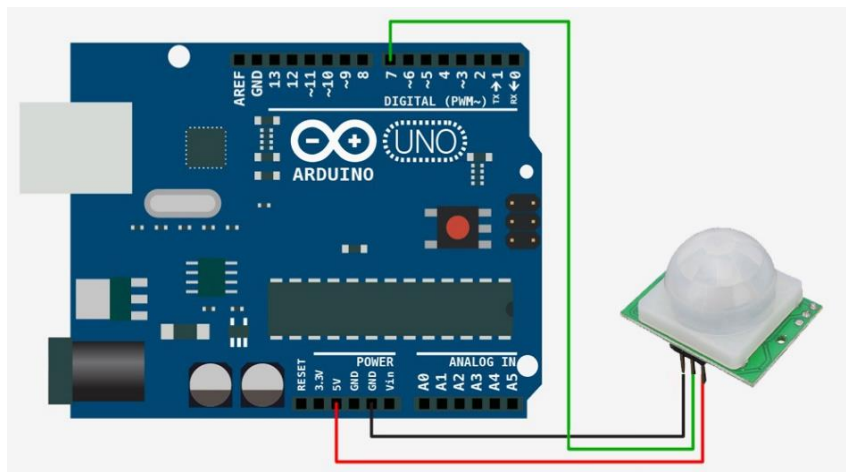
## 4.2 Descrição das Etapas do Modelo

A elaboração do projeto foi dividida em 4 etapas: teste dos sensores de presença e infravermelho, teste do *Shield* SIM900 GSM/GPRS, integração dos dispositivos no protótipo e a programação do sistema. Os testes foram importantes para que fosse possível verificar o funcionamento de cada dispositivo separadamente.

### 4.2.1 Teste do Sensor de Presença

O sensor de presença (PIR) utilizado no projeto possui 3 pinos: GND, OUT e +5V. O pino GND é ligado à saída de alimentação GND do Arduino UNO. O pino +5V é ligado à saída de alimentação 5V do Arduino UNO. O pino OUT é ligado ao pino digital 7 do Arduino UNO, que faz a leitura do acionamento do sensor. A figura 4.3 ilustra a conexão do sensor de presença com o Arduino UNO que informa a abertura da caixa de correio.

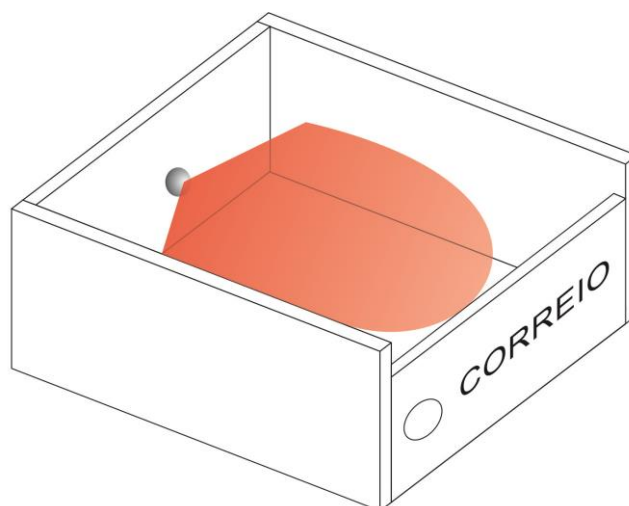




**Figura 4.3 – Integração do sensor de presença com o Arduino UNO**

**Fonte: Autor**

A sensibilidade de detecção de movimento (variação de temperatura) do sensor de presença foi ajustado para abranger a geometria da caixa de correio residencial conforme é mostrado na figura 4.4. O tempo de atraso após o sensor ser acionado foi ajustado para pouco mais que 30 segundos, considerado um tempo suficiente para a coleta de correspondência(s).



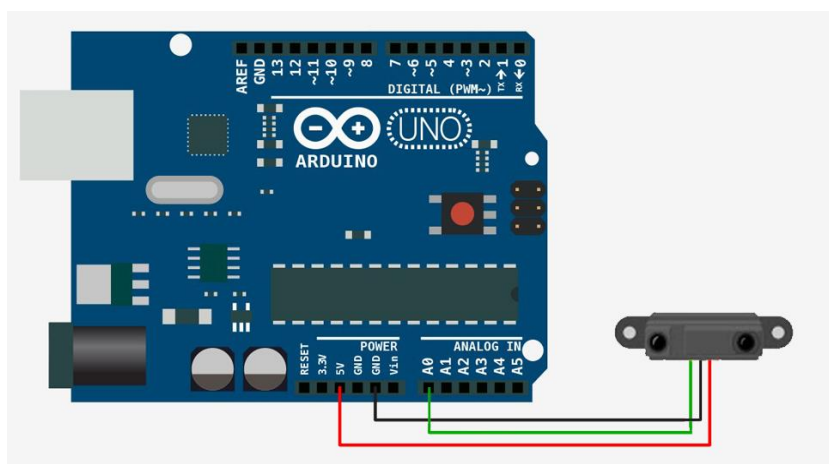
**Figura 4.4 – Detecção do sensor PIR**

**Fonte: Autor**

Para visualizar a detecção de movimento do sensor foram adicionados ao projeto LEDs indicadores que são detalhados na tabela 3.

### 4.2.2 Teste do Sensor Infravermelho

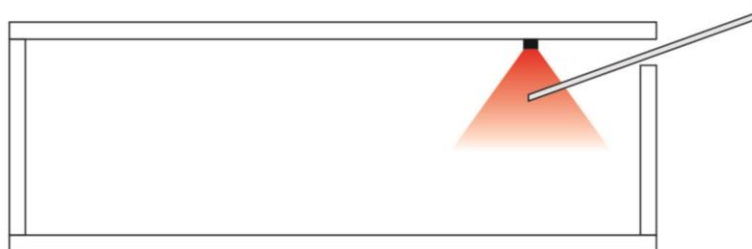
O sensor infravermelho (IR) utilizado no projeto possui 3 pinos: OUT, GND e +5V. O pino GND é ligado à saída de alimentação GND do Arduino UNO. O pino +5V é ligado à saída de alimentação 5V do Arduino UNO. O pino OUT é ligado ao pino analógico 0 do Arduino UNO, que faz a leitura do acionamento do sensor. A figura 4.5 ilustra a conexão do sensor infravermelho com o Arduino UNO que informa sobre a correspondência inserida na caixa de correio.



**Figura 4.5 – Integração do sensor infravermelho com o Arduino UNO**

**Fonte: Autor**

A detecção da correspondência é feita através da reflexão da luz infravermelha do LED emissor para o LED receptor conforme mostrado na figura 4.6. Para o projeto apenas um sensor infravermelho foi utilizado mas, pode-se adicionar outros sensores até cobrir toda a área de inserção de correspondências.



**Figura 4.6 – Detecção do sensor IR**

**Fonte: Autor**

### 4.2.3 Teste do Shield SIM900 GSM/GPRS

Para o funcionamento do *Shield* IComSat SIM900 GSM/GPRS v1.1 foi necessário adicionar na IDE do Arduino UNO uma biblioteca específica para *Shields* GSM. Os *jumper*s de TX e RX do *Shield* Sim900 GSM/GPRS foram setados na posição 2 e 3, respectivamente, conforme configuração da biblioteca adicionada. Esse *Shield* GSM é projetado para a plataforma Arduino sendo necessário apenas encaixá-lo no Arduino UNO como mostrado na figura 4.7.

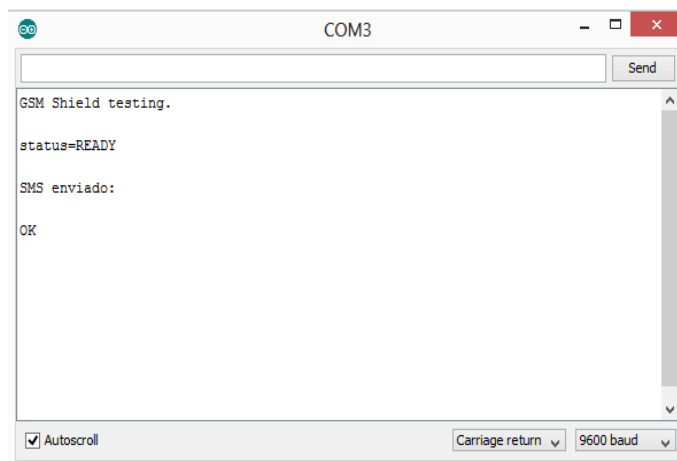


**Figura 4.7 – Integração do Arduino UNO com o *Shield* SIM900 SM/GPRS**

**Fonte: Autor**

Esse *Shield* GSM/GPRS necessita da fonte de alimentação para o perfeito funcionamento do sistema. No projeto utilizou-se uma fonte de 9V e 500mA ligado na rede elétrica convencional.

O código fonte para o envio da mensagem SMS de teste foi elaborado na *Sketch* do Arduino. A serial do Arduino (*Serial Monitor*) retorna o teste de conexão com a rede GSM, o status do sistema; *READY* (quando há conexão com a rede GSM), e o envio da mensagem de teste; OK, conforme mostrado na figura 4.8.



**Figura 4.8 – Teste de envio da mensagem SMS**

**Fonte: Autor**

A mensagem SMS de teste enviado pelo sistema foi recebida no celular cadastrado conforme mostrado na figura 4.9.



**Figura 4.9 – Recebimento da mensagem SMS de teste**

**Fonte: Autor**

### **4.3 Descrição da Implementação**

Após a realização dos testes dos componentes iniciou-se a etapa da integração dos dispositivos com o auxílio de uma *protoboard*. O *Shield* SIM900 GSM/GPRS foi acoplado ao Arduino UNO e os sensores foram plugados nos pinos A/D (analógico/digital) do *Shield* que são os pinos A/D provenientes do Arduino UNO.

O sensor de presença (PIR) foi ligado ao pino digital 7 e na alimentação de 5V, seu acionamento indica a abertura da caixa de correio residencial. O sensor infravermelho (IR) foi ligado no pino analógico 0 e na alimentação de 5V, seu acionamento indica uma nova correspondência. Para o projeto foram adicionados LEDs indicadores do sistema com finalidades específicas conforme mostrada na tabela 3. O LED verde foi conectado no pino digital 12, o LED azul no pino digital 11 e o LED vermelho no pino digital 13. Cada LED com uma resistência de  $330\Omega$ .

Os LEDs também são fundamentais para o entendimento do objetivo do projeto pois, caso o(s) usuário(s) não consiga(m) verificar a mensagem SMS devido a uma eventualidade como a falta de bateria no celular, por exemplo, basta verificar se o LED azul está ou não aceso indicando assim se há nova(s) correspondência(s).

**Tabela 3 – Finalidade dos LEDs do projeto**

LED	Indicador
<b>Verde</b>	O LED verde indica o funcionamento do sistema e que a caixa de correio está fechada. É desligado somente quando houver a abertura do protótipo.
<b>Azul</b>	O LED azul indica que há nova(s) correspondência(s) na caixa de correio. É ligado quando o sensor infravermelho é acionado.
<b>Vermelho</b>	O LED vermelho indica que a caixa de correio foi aberta. É ligado quando o sensor de presença for acionado para a coleta da(s) correspondência(s).

Fonte: Autor

Todos os dispositivos foram acoplados na parte de trás da caixa de correio conforme mostrada na figura 4.10 com exceção do sensor infravermelho que foi inserido no interior do protótipo.

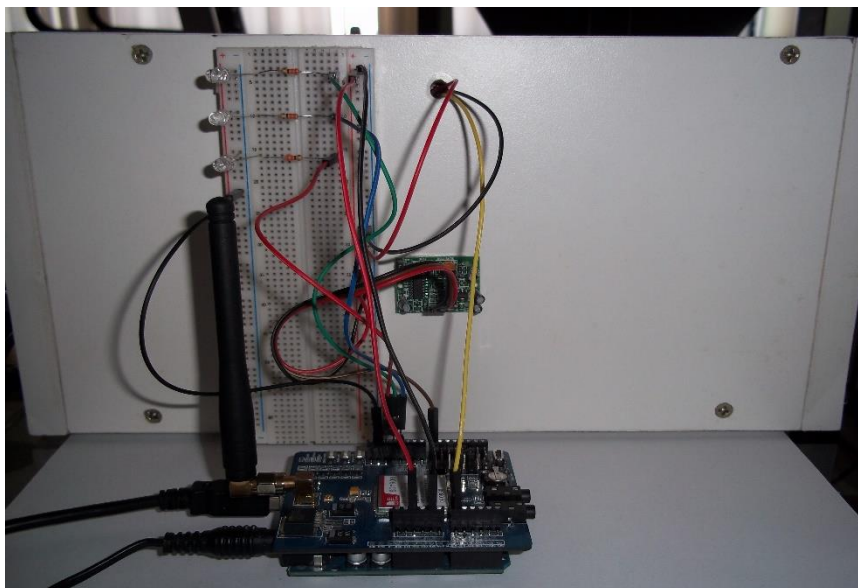


Figura 4.10 – Dispositivos acoplados na caixa de correio

Fonte: Autor

## 4.4 Programação do Sistema

O código fonte do projeto (Apêndice A) foi elaborado utilizando a linguagem de programação C, que é a linguagem utilizada na interface do Arduino. A biblioteca GSM adicionada na IDE, conforme mostrada na figura 4.11, foi imprescindível para funcionamento do *Shield* IComSat SIM900 GSM/GPRS v1.1.

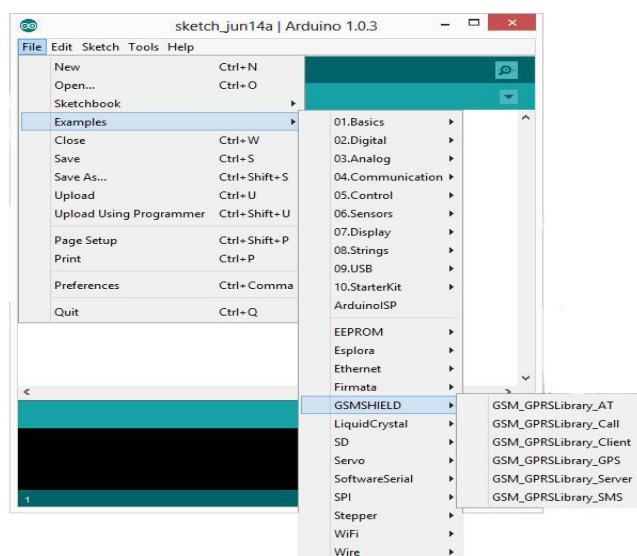


Figura 4.11 – Biblioteca GSM

Fonte: Autor

No sistema para automação da caixa de correio residencial foi especificada na linha mostrada na figura 4.12 o cadastramento dos celulares que receberam as mensagens SMS. Essa linha é uma matriz bidimensional onde possui na primeira matriz os números do telefone e na segunda a quantidade de números que possui o telefone mais o caractere '+' e um dígito verificador totalizando 14 caracteres. A mensagem SMS é enviada para os números enquanto o número do telefone for diferente de 0, que é a condição de parada dessa linha.

```

PROJETO_FINAL $
=====
#include "SIM900.h"
#include "sms.h"
#include <SoftwareSerial.h>
SMSSGM sms;

char caracter1=-31; //imprime caracter 'á' no Monitor Serial
char caracter2=-22; //imprime caracter 'ê' no Monitor Serial
int numdata;
boolean started=false;
char smsbuffer[160];
char n[20];

char telefones[][14] = { "+556184779956", "+556192659780", 0}; //

int ledVermelho = 13; //Pino para o LED vermelho(RED)
int ledVerde = 12; //Pino para o LED verde(GREEN)

```

Figura 4.12 – Linha do código para o cadastro do(s) celular(es)

Fonte: Autor

Ao carregar o programa no microcontrolador ATMEGA328P-PU através do botão *Upload* na interface do Arduino, figura 4.13, o sistema realiza o teste de conexão com a rede GSM e pode retornar dois status: 'SISTEMA CARREGADO!' se houver conexão e 'SISTEMA COM PROBLEMA, FALHA NA REDE GSM!' em caso de desacordo da conexão. Havendo a conexão o sistema acende o LED verde com a instrução *digitalWrite(ledVerde, HIGH)*.

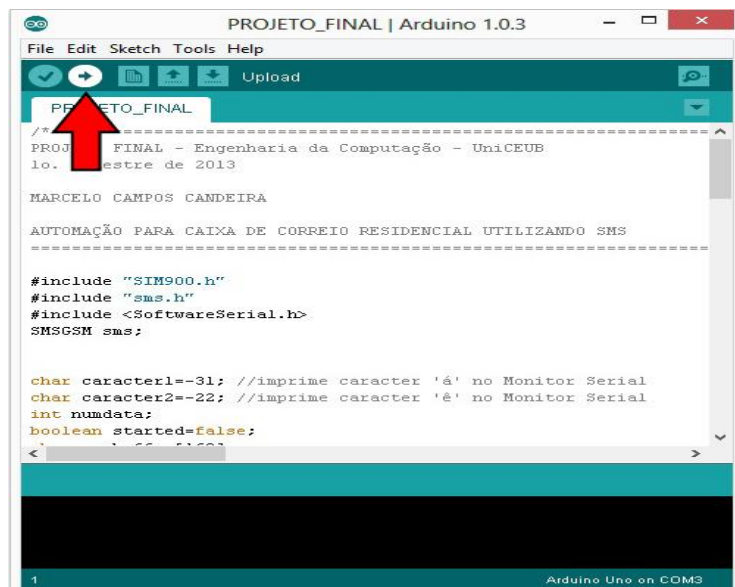


Figura 4.13 – Botão Upload

Fonte: Autor

A função declarada de *sensor\_infravermelho()* é executada caso haja o acionamento do sensor IR que faz uma chamada a instrução *sms.SendSMS* e efetua a comunicação do Arduino UNO com o *Shield* SIM900 GSM/GPRS através de comandos AT para o envio da mensagem “Há nova(s) correspondência(s) na sua caixa de correio residencial!” fazendo com que o LED azul seja ligado com a instrução *digitalWrite(ledAzul, HIGH)*.

Após a inserção da primeira correspondência na caixa de correio o sistema espera o acionamento do sensor PIR com a função declarada de *sensor\_presenca()* que também faz a chamada da instrução *sms.SendSMS* para o envio da mensagem “A sua caixa de correio residencial foi aberta!”. O acionamento desse sensor também executa a instrução *digitalWrite(ledVermelho, HIGH)* que indica a abertura da caixa de correio e desliga os LEDs verde e azul com as instruções *digitalWrite(ledVerde, LOW)* e *digitalWrite(ledAzul, LOW)*, respectivamente.

## 4.5 Considerações

A escolha dos sensores para o projeto foi feita de forma a objetivar o resultado estipulado (capítulo 5). Para o projeto utilizou-se apenas um sensor IR que faz a detecção por reflexão da luz infravermelha focando que é possível utilizar esse sensor



para esse fim. Poderia ser utilizado mais sensores para abranger toda a abertura destinada a inserção das correspondências, isso refletiria diretamente no custo do projeto pois esse sensor tem um valor elevado.

Para a automação da caixa de correio residencial utilizou-se a rede elétrica convencional para a alimentação dos dispositivos porém poderia ser utilizado uma bateria (ou bateria recarregável) para o funcionamento do projeto.

Para notificar o(s) usuário(s) o *SIM Card* necessita de créditos disponíveis para o envio das mensagens SMS.

## CAPÍTULO 5 – APLICAÇÃO PRÁTICA

### 5.1 Apresentação da Área de Aplicação do Modelo

O modelo de automação para caixa de correio residencial abrange a área da domótica e visa a notificação e coleta de correspondências de forma mais eficiente e o monitoramento da caixa de correio através do controle automatizado.

Além do uso da tecnologia GSM e componentes empregados no projeto, a automação para caixa de correio residencial viabiliza uma ótima perspectiva de vendas para a área das operadoras de telefonia móvel pois para cada residência que usufrui dessa automação está presente o uso de um *SIM Card* e concomitantemente pacotes de mensagens SMS.

### 5.2 Descrição da Aplicação do Modelo

Após os testes e implementação dos dispositivos no protótipo, o código fonte (Apêndice A) foi carregado no botão *Upload* da interface do Arduino. A serial (*Serial Monitor*) retorna a mensagem de conexão do *Shield SIM900 GSM/GPRS* com a rede GSM da operadora do *SIM Card*, conforme mostrado na figura 5.1, e informa que o sistema está carregado e funcionando.

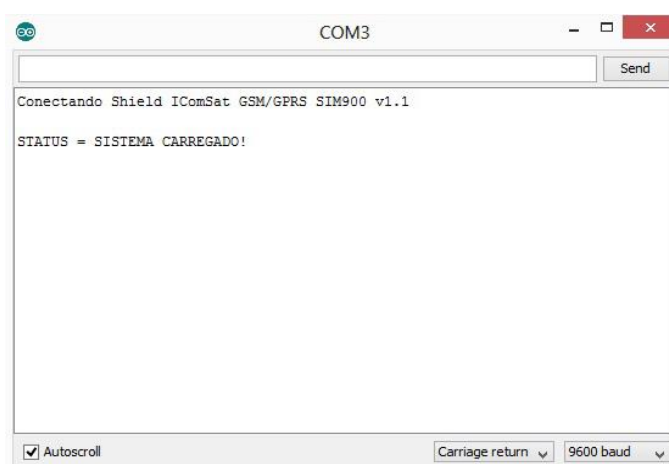
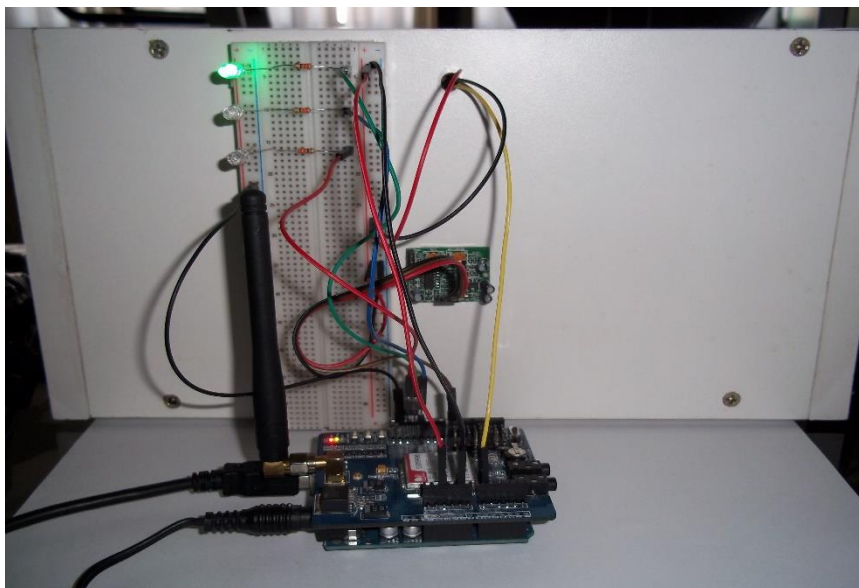


Figura 5.1 – Mensagem da serial ao conectar com a rede GSM

Fonte: Autor

O LED verde foi aceso, figura 5.2, indicando o funcionamento do sistema e que a caixa de correspondência residencial está fechada.



**Figura 5.2 – LED verde aceso**

**Fonte: Autor**

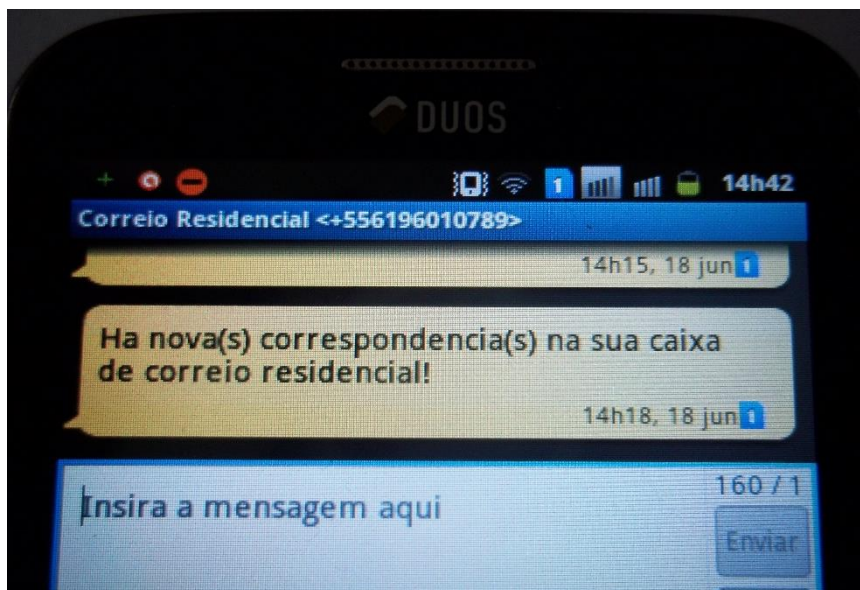
Ao ser inserida uma correspondência na caixa de correio residencial automatizada conforme mostrado na figura 5.3, foi feito o acionamento do sensor infravermelho (IR) através de detecção por reflexão da luz infravermelha e o sistema enviou uma mensagem SMS ao celular cadastrado.



**Figura 5.3 – Correspondência inserida na caixa de correio automatizada**

**Fonte: Autor**

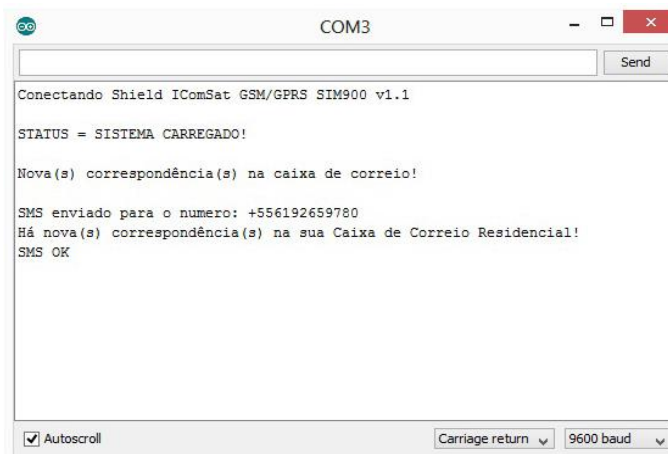
A mensagem SMS “Há nova(s) correspondência(s) na sua caixa de correio residencial!” foi recebida no celular cadastrado conforme mostrada na figura 5.4.



**Figura 5.4 – Mensagem SMS recebida informando nova(s) correspondência(s)**

**Fonte: Autor**

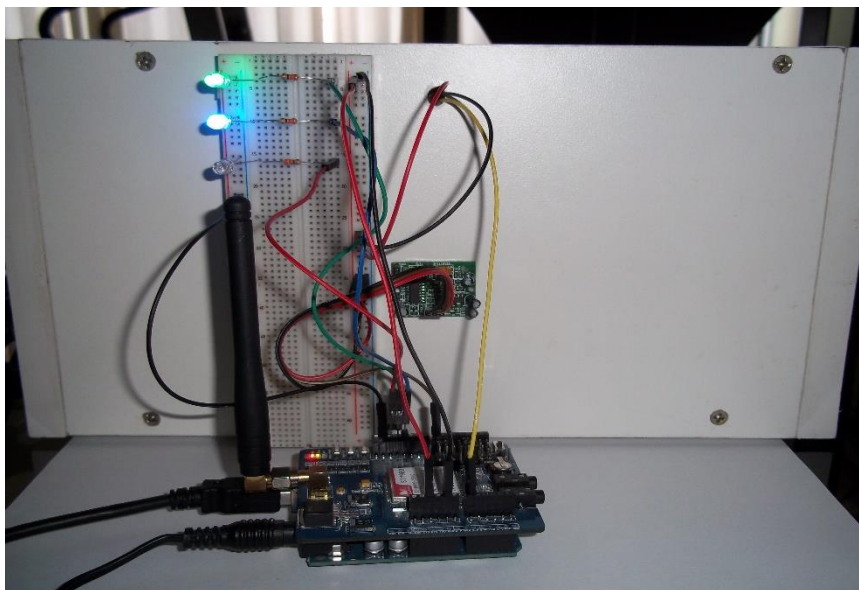
A serial do Arduino retorna a mensagem “Nova(s) correspondência(s) na caixa de correio!” e também o número para o qual o SMS foi enviado conforme ilustra a figura 5.5.



**Figura 5.5 – Mensagem da serial ao inserir a correspondência**

**Fonte: Autor**

O LED azul foi aceso, figura 5.6, indicando sobre nova(s) correspondência(s).



**Figura 5.6 – LED azul aceso**

**Fonte: Autor**

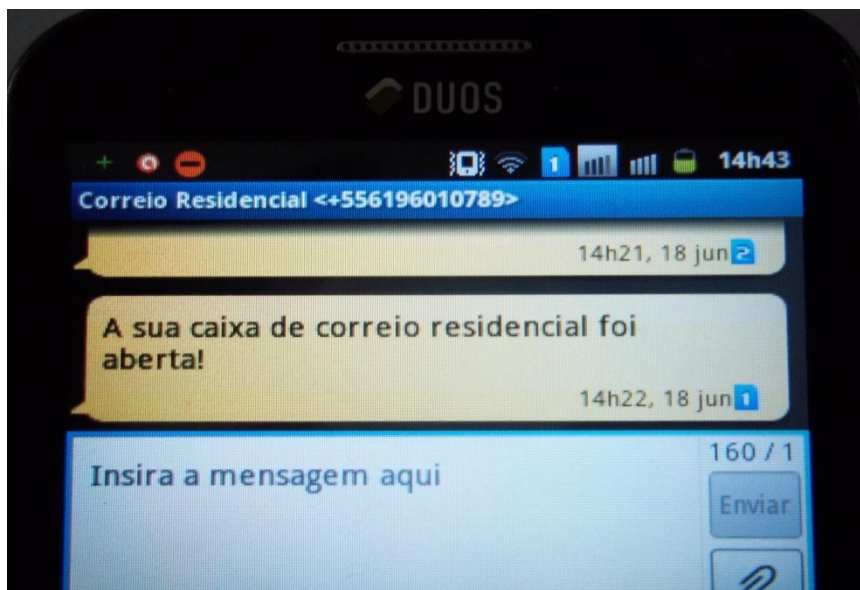
Após a inserção da correspondência, o sistema espera a abertura da caixa de correio residencial automatizada, figura 5.7, e informa com uma mensagem SMS sobre a abertura através do acionamento do sensor de presença (PIR).



**Figura 5.7 – Abertura da caixa de correio residencial automatizada**

**Fonte: Autor**

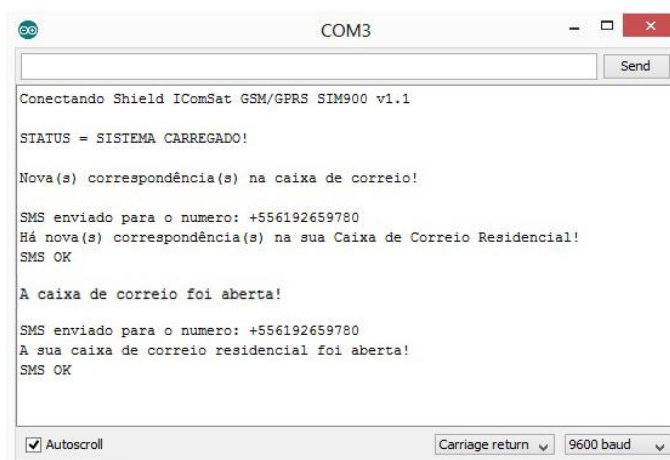
A mensagem SMS “A sua caixa de correio residencial foi aberta!” foi recebida no celular cadastrado conforme mostrada na figura 5.8.



**Figura 5.8 – Mensagem SMS recebida informando a abertura da caixa de correio**

**Fonte: Autor**

A serial retorna a mensagem “A caixa de correio foi aberta!” e também o número para o qual o SMS foi enviado conforme ilustra a figura 5.9.

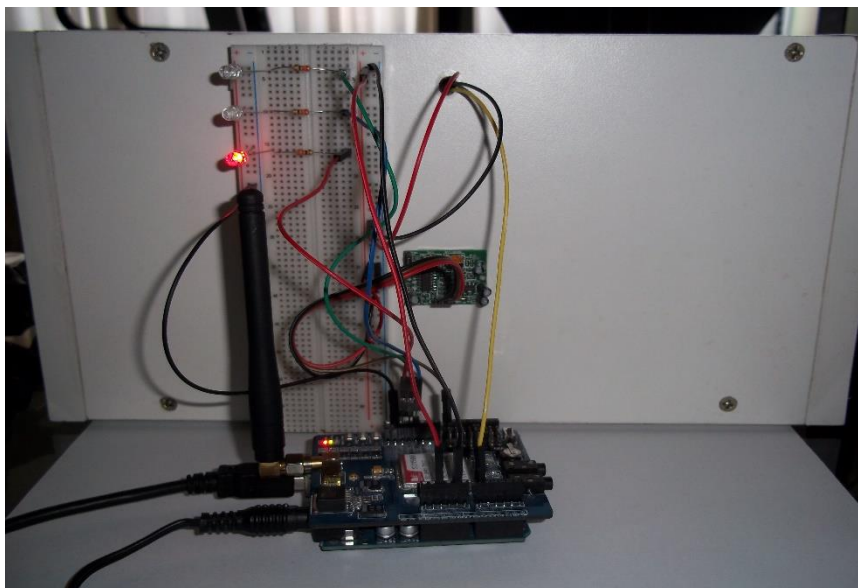


**Figura 5.9 – Mensagem da serial ao abrir a caixa de correio automatizada**

**Fonte: Autor**

O LED vermelho foi aceso, figura 5.10, que informa sobre a coleta de correspondência(s) desligando os demais LEDs. O tempo programado para a coleta correspondência(s) e fechamento da caixa de correio foi estipulado em 30 segundos. O sensor de presença (PIR) pode ser acionado novamente caso não haja o fechamento da caixa de correio decorrido esse tempo e uma nova mensagem informando a abertura é enviado ao(s) celular(es) cadastrado(s). Caso a caixa de correio seja fechada dentro do tempo programado o sistema retoma o ciclo.





**Figura 5.10 – LED vermelho aceso**

**Fonte: Autor**

### **5.3 Resultados da Aplicação do Modelo**

Apesar do sistema tratar e retornar o status da rede GSM em caso de desacordo de conexão, não houve falha com a rede GSM nos testes realizados.

A mensagem SMS foi recebida no primeiro celular cadastrado no sistema em um tempo de 6 segundos após o acionamento dos sensores em seguida um tempo de 3 segundos para cada um dos demais celulares. Quando o *SIM Card* estava sem crédito disponível as mensagens SMS não chegaram nos celulares cadastrados.

O resultado esperado para a automação da caixa de correio residencial foi alcançado com êxito, ou seja, notificar o(s) usuário(s) sobre o recebimento de nova(s) correspondência(s) e abertura da caixa de correio atendendo adequadamente aos passos do fluxograma da figura 5.11.



Figura 5.11 – Fluxograma do projeto

Fonte: Autor

## 5.4 Custos do Modelo Proposto

Os valores e quantidades dos componentes utilizados no projeto são listados na tabela 4. A fabricação de um sensor infravermelho pode reduzir o valor do projeto levando em consideração o sensor utilizado que possui um valor elevado.



Tabela 4 – Custos do projeto

Componente	Quantidade	Valor R\$ (unidade)
Arduino UNO	1	160,00
Shield IComSat SIM900 GSM/GPRS v1.1	1	199,00
Sensor Infravermelho	1	60,00
Sensor de presença	1	20,00
SIM Card VIVO	1	10,00
LED	3	1,00
Resistor 330Ω	3	0,10
Velcro adesivo	2	3,50
Confecção do protótipo	1	50,00
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 509,30</b>

Fonte: Autor

## 5.5 Avaliação Global do Modelo

O desenvolvimento e implementação da automação para caixa de correio residencial serviu para notificar o(s) habitantes(s) de uma residência através de mensagens SMS sobre o monitoramento das correspondências e coleta eficiente, agregando maior valor à residência.

No capítulo 6 é feita uma consideração sobre os sensores para projetos futuros bem como novas ideias de notificação da correspondência inserida na caixa de correio residencial.

## CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 6.1 Conclusões

O projeto foi desenvolvido com o intuito de tornar mais eficiente a coleta de correspondência notificando o(s) usuário(s) com mensagens SMS quando há nova(s) correspondência(s) na caixa de correio residencial e quando esta foi aberta. Devido a automação da caixa de correio residencial é possível obter o monitoramento e controle das correspondências que chegam à residência. Por fazer uso de mais uma tecnologia no campo da domótica a caixa de correio residencial automatizada agrega maior valor a residência por ser uma atividade voltado para o cotidiano do(s) usuário(s) de uma habitação ou condomínio.

Com a elaboração do protótipo de uma caixa de correio verificou-se por meio de testes realizados com os dispositivos separadamente, em seguida, com a integração dos componentes que o sistema funcionou corretamente atingindo a proposta inicial do projeto.

Para a automação da caixa de correio residencial o sensor infravermelho (IR) foi ajustado para fazer a detecção da correspondência inserida, o sensor de presença (PIR) foi regulado para ter a sensibilidade abrangida pela geometria do protótipo e com uma regulação de tempo de 30 segundos considerado suficiente para coleta das correspondências. O microcontrolador Arduino UNO ao interpretar o oscilamento nos pinos dos sensores comunicasse com o *Shield IComSat SIM900 GSM/GPRS v1.1* através de comandos AT para o envio das mensagens SMS. Todo o sistema foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação C.

Os resultados obtidos com o projeto foram satisfatórios com todos os dispositivos utilizados alcançando os objetivos esperados. Pode-se usar, por exemplo, qualquer outro sensor com interrupção de feixe para detectar a inserção das correspondências ou, utilizar um sensor de porta no batente da caixa de correio para detectar a abertura e fechamento.

## 6.2 Propostas para Trabalhos Futuros

Como sugestão para outros projetos na área da domótica utilizando a automação para caixa de correio residencial:

- Acoplar uma câmera no interior da caixa de correio e capturar a imagem da correspondência inserida através do acionamento do sensor e enviar por mensagem MMS. Assim o usuário saberá qual correspondência foi inserida na caixa de correio;
- Desenvolver um sistema que faça o cadastramento do(s) usuário(s) via Web. Dessa forma torna possível o cadastro à distância do usuário que será notificado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APSISTEMI – Disponível em <<http://www.apsistemi.it/domotica.htm>>, Acesso em 02 abr, 2013.

ARDUINO INFO. Disponível em <[https:// arduino-info.wikispaces.com/GSM-GPRS](https://arduino-info.wikispaces.com/GSM-GPRS)> Acesso em: 10 abr, 2013.

ARDUINO. Disponível em <<http://arduino.cc>> Acesso em: 09 abr, 2013.

AUTOMÓVEIS ELÉTRICOS. Disponível em <<http://automoveiseletricos.blogspot.com.br/2012/09/o-arduino-uno-aplicado-uma-evse-sae.html>> Acesso em: 09 abr, 2013.

BRAGA, Newton C. 2013. Disponível em <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/artigos/49-curiosidades/4916-art652.html>> Acesso em: 01 abr, 2013.

BRAGHETTO, Luis Fernando B; et al. **REDES GSM e GPRS**. 2005, 46 p. Pós Graduação em Redes de Computadores, Unicamp – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

CIRCUIT AT HOME. Disponível em <<http://www.circuitsathome.com/products-page/arduino-boards>> Acesso em: 09 abr, 2013.

ELETRICAMENTE FALANDO. Disponível em <<http://eletricamentefalando.blogspot.com.br/2011/09/sensor-infravermelho.html>> Acesso em: 19 abr, 2013.

ENG MECATONICO. Disponível em <<http://engmecatonico.blogspot.com.br/2010/10/introducao-ao-microcontroladores.html>> Acesso em: 08 abr, 2013.

GeekComputers. Disponível em <<http://www.thegeekblog.co.uk/quick-tips/tag/sim>> Acesso em: 11 abr, 2013.

GIMENEZ, S. P. Microcontroladores 8051. 1ª ed. São Paulo: Pearson, 2005.

GODOI, Ricardo. S. AUTOMAÇÃO DE RESIDÊNCIAS. Uma análise da viabilidade da aplicação da domótica. Guaratinguetá, 2009. 73 p. Monografia, Faculdade de Tecnologia de Guaratinguetá.

LEAL, R. Viva na casa do futuro hoje. Info Notícias. Publicado em: 17 jan. 2011. Disponível em: <<http://info.abril.com.br/noticias/tecnologia-pessoal/viva-na-casa-do-futuro-hoje-17012011-2.shl>> Acesso em: 29 mar. 2013

METZ, D; GRIEP, F.; ASTIAZARA, M. TELEFONIA MÓVEL. 2004, 26 p. Sistemas de Informação. Universidade Luterana do Brasil, Canoas, Rio Grande do Sul.

MODESTO, André Luiz Guerreiro; SAMPAIO, Marcos Henrique Kumagai. **Controle de Sistemas Embarcados Através de Bluetooth Aplicado a Robótica Móvel com o Selvabot**. 2010, 4f. Instituto de Estudos Superiores da Amazônia (IESAM).

MURATORI, José Roberto; DAL BÓ, Paulo Henrique. **Automação Residencial: Histórico, Definições e Conceitos**, p. 70-77, 2011.

PEREIRA, Ricardo; BENTO, Rui Pereira; FERREIRA, João Pimentel. **Domótica e Edifícios Inteligentes num Contexto de Propriedade Industrial**. 2011, 23 p. DPMU –DMP.

PRUDENTE, Francesco. **Automação Predial e Residencial: Uma Introdução**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

RICCI, Alessandro. 2011. Disponível em: < <http://www.domaniautomacao.com.br/voce-sabe-o-que-e-domotica> > Acesso em: 20 mar, 2013.

ROMANO, Rubens Augusto. 2012. Disponível em <<http://www.automatichouse.com.br/AutomaticHouse/WebSite/Automacao/Residencial.aspx>> Acesso em: 28 fev, 2013.

SILVA, Ivan Ferreira Vieira; CARVALHO, Sérgio Silva. **Domótica: Uma aplicação de baixo custo com acesso web**. Saber Eletrônica, nº 462, ano 48, jun 2012.

THAIEASYELEC. Disponível em <[http://www.thaieasyelec.net/index.php/Components/AVR-Microcontroller/ATMEGA328P-PU/p\\_161.html](http://www.thaieasyelec.net/index.php/Components/AVR-Microcontroller/ATMEGA328P-PU/p_161.html)> Acesso em: 08 abr, 2013.

VICTORINE, Viviane Mizrahi. **Treinamento em Linguagem C**. 2 ed. São Paulo: Person, 2006.

## APÊNDICE A – CÓDIGO FONTE DO PROJETO

```
/*=====
```

PROJETO FINAL - Engenharia de Computação - UniCEUB

Junho de 2013

MARCELO CAMPOS CANDEIRA

AUTOMAÇÃO PARA CAIXA DE CORREIO RESIDENCIAL UTILIZANDO SMS

```
=====*
```

```
#include "SIM900.h"
```

```
#include "sms.h"
```

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

```
MSGSMS sms;
```

```
char caracter1=-31; //imprime caracter 'á'. Tabela ASCII
```

```
char caracter2=-22; //imprime caracter 'ê'. Tabela ASCII
```

```

char telefones[][14] = { //Declara matriz da quantidade de dígitos do telefone

    "+556192659780", "+556184779956", 0}; //Cadastro dos celulares. Deixar o último
sempre 0, pois é usado como condição de parada

//Setagem dos pinos utilizados

int ledVermelho = 13; //Pino para o LED vermelho

int ledVerde = 12;    //Pino para o LED verde

int ledAzul = 11;     //Pino para o LED azul

int PIRpino = 7;      //Pino OUT do "PIR" (leitura de valores)

int PIR = 0;          //Variável que representa o valor fornecido pelo sensor "PIR"

int IRpino = 0;       //Pino OUT do "IR" (leitura de valores)

int IR = 0;           //Variável que representa o valor fornecido pelo sensor "IR"

int ALTERNATIVOpino = 1; //Pino alternativo para o sensor "IR"

void sensor_infravermelho() { //Função para envio do SMS do sensor IR

    //O casting para int serve para poder comparar com o 0. O * referencia o ponteiro
    (pega o valor para o qual o ponteiro aponta).

    for (int i = 0; (int)*telefones[i] != 0; i++) { //Utiliza o 0 no final do array para detectar o
    final

        if (sms.SendSMS(telefones[i], "Ha nova(s) correspondencia(s) na sua caixa de cor-
        reio residencial!")) { //Função para envio da mensagem SMS

            //Imprime as frases a seguir na serial

```



```

Serial.print("\nSMS enviado para o numero: ");

Serial.println(telefonos[i]); //Imprime o celular para qual o SMS foi enviado

Serial.print("H");

Serial.print(caracter1);

Serial.print(" nova(s) correspond");

Serial.print(caracter2);

Serial.println("ncia(s) na sua Caixa de Correio Residencial!");

Serial.println("SMS OK");

}

}

};

void sensor_presenca() { //Função para envio do SMS do sensor PIR

    //O casting para int serve para poder comparar com o 0. O * referencia o ponteiro
    (pega o valor para o qual o ponteiro aponta).

    for (int i = 0; (int)*telefonos[i] != 0; i++) { // Utiliza o 0 no final do array para detectar o
    final

        if (sms.SendSMS(telefonos[i], "A sua caixa de correio residencial foi aberta!")) {
        //Função para envio da mensagem SMS

            //Imprime as frases a seguir na serial

            Serial.print("\nSMS enviado para o numero: ");

```

```
Serial.println(telefones[i]); //Imprime o celular para qual o SMS foi enviado

Serial.println("A sua caixa de correio residencial foi aberta!");

Serial.println("SMS OK");

}

}

};

void setup()

{

//Configuração dos pinos: OUTPUT saída, INPUT entrada

pinMode(ledVermelho, OUTPUT);

pinMode(ledVerde, OUTPUT);

pinMode(ledAzul, OUTPUT);

pinMode(PIRpino, INPUT);

pinMode(IRpino, INPUT);

pinMode(ALTERNATIVOpino, INPUT);

//Conexão Serial

Serial.begin(9600); //Taxa de dados 9600 bps (bytes por segundo)
```

```

Serial.println("Conectando Shield IComSat SIM900 GSM/GPRS v1.1");

//Inicia a configuração do Shield com a baudrate.

if (gsm.begin(2400)){

    Serial.println("\nSTATUS = SISTEMA CARREGADO!"); //Imprime em caso de co-
nexão com a rede GSM do SIM Card

}

else Serial.println("\nSTATUS = SISTEMA COM PROBLEMA, FALHA NA REDE
GSM!"); //Imprime quando não há conexão com a rede GSM do SIM Card

};

void loop()

{

    int IR = analogRead(IRpino); //Faz a leitura do OUT do sensor IR e joga o valor lido
na variável "IR"

    int PIR = digitalRead(PIRpino); //Faz leitura do OUT do senso PIR e joga o valor lido
na variável "PIR"

    if(IR > 500){ //Se o sensor "IR" for acionado

        Serial.print("\nNova(s) correspond");

        Serial.print(caracter2);

        Serial.print("ncia(s) na caixa de correio!\n");

```

```

sensor_infravermelho(); //Chama a função do sensor "IR"

IR = analogRead(ALTERNATIVOpino);

while(PIR == LOW){//Enquanto o sensor "PIR" não for acionado

    digitalWrite(ledAzul, HIGH); //LED azul ligado

    PIR = digitalRead(PIRpino); //Faz leitura do OUT do senso PIR e joga o valor lido
na variável "PIR"

}

digitalWrite(ledAzul, LOW); //LED azul desligado

}

if(PIR == LOW){//Testa se a variável "PIR" é alta(5v), caso NÃO:

    digitalWrite(ledVermelho, LOW);    // LED vermelho desligado

    digitalWrite(ledVerde, HIGH);    // LED verde ligado

}

else{

    //Variável "PIR" é alta:

    digitalWrite(ledVermelho, HIGH); // LED vermelho ligado

    digitalWrite(ledVerde, LOW);    // LED verde desligado

    Serial.println("\nA caixa de correio foi aberta!");

    sensor_presenca(); //Chama a função do sensor "PIR"

```

```
delay(30000);//Tempo estimado para coleta das correspondências  
  
}  
  
};
```

## **ANEXOS**

Biblioteca GSM

Datasheet IComSat SIM900 GSM/GPRS v1.1

Manual de comandos AT SIM900 v1.05